

PC/1B04/50601

~~DE 20 01 27~~



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

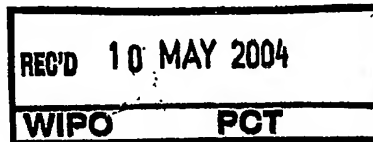
The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03101455.8

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:
Application no.: 03101455.8
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 21.05.03
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property & Standards
GmbH
Steindamm 94
20099 Hamburg
ALLEMAGNE
Koninklijke Philips Electronics N.V.
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Vorrichtung und Verfahren zur Erfassung der Bewegung von Körperorganen

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

A61B6/00

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT RO SE SI SK TR LI

BESCHREIBUNG

Vorrichtung und Verfahren zur Erfassung der Bewegung von Körperorganen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erfassung der Bewegung von inneren Organen wie insbesondere des Herzens. Ferner betrifft sie ein Navigations-
 5 system für einen Katheter in einem Gefäßsystem.

Wenn von einem inneren Organ eines Patienten mit Hilfe einer bildgebenden Vorrichtung wie beispielsweise einem Röntgengerät mit zeitlichem Abstand Abbildungen erzeugt werden, kann es sein, dass das Organ auf den Abbildungen unterschiedliche Lagen an-
 10 nimmt. Ursachen für die Organverschiebung können eine Gesamtbewegung des Patienten sowie vor allem durch Atmung und Herzschlag bedingte zyklische Eigenbewegungen sein, wobei Letztere insbesondere die Organe des Brust- und Bauchraumes betreffen. Die Organverschiebung erschwert den Vergleich der zeitlich beabstandeten Röntgenaufnahmen erheblich.

15 Darüber hinaus stören Organbewegungen auch die Navigation eines Katheters im Gefäßsystem eines Patienten. Die absolute räumliche Position eines Katheters lässt sich mit Hilfe geeigneter Lokalisierungseinrichtungen verhältnismäßig gut messen. Für die Navigation des Katheters ist allerdings dessen Lage relativ zum Gefäßsystem bzw. zu den Organen des
 20 Körpers von größerer Bedeutung. Ohne Kenntnis der Bewegung der Organe kann diese Lage jedoch nicht aus der absoluten Position ermittelt werden, da diese durch die Überlagerung der Einzelbewegungen beeinflusst wird.

In der Literatur sind Messungen beschrieben worden, mit denen der funktionale Zusammenhang zwischen der Bewegung des Zwerchfells einer Person und der Verschiebung von
 25 Organen wie beispielsweise des Herzens untersucht wird (K. Nehrke, P. Boernert, D. Manke, J.C. Boeck: "Free-Breathing Cardiac MR Imaging: Study of Implications of Respiratory Motion - Initial Results", Radiology, 220:810-815, 2001). Die Messung der Organpositionen erfolgt dabei mit Hilfe spezieller Navigationsstrahlen eines Kernspin-
 30 resonanz-(NMR)-Gerätes. NMR-Geräte sind jedoch sehr aufwändig und teuer, so dass ihr ergänzender Einsatz bei anderen klinischen Untersuchungen nicht in Frage kommt.

Vor diesem Hintergrund war es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Mittel zur Erfassung der Bewegung von inneren Organen des Körpers bereitzustellen, die verhältnismäßig einfach und kostengünstig sind und sich daher als Ergänzung zu vorhandenen Untersuchungseinrichtungen z.B. eines Katheterlabors eignen.

5

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, durch ein Navigationssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 9 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

10

Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient der Erfassung der Bewegung von mindestens einem inneren Organ des Körpers. Die Bewegung kann dabei durch eine Gesamtbewegung des untersuchten Patienten, insbesondere jedoch durch zyklische Eigenbewegungen des Körpers wie Herzschlag und Atmung verursacht sein. Bei dem inneren Organ kann es sich z.B. um das Herz handeln. Die Vorrichtung enthält die folgenden Komponenten:

15

a) Ein Röntgengerät und/oder ein Ultraschallgerät zur Erzeugung einer ein- oder mehrdimensionalen (Röntgen- bzw. Ultraschall-) Abbildung mindestens einer markanten Körperstruktur. Eine "markante Körperstruktur" soll dabei ein Körperteil, ein Organ, eine Organgrenze oder dergleichen sein und sich in der gewählten Abbildungsmodalität gut und möglichst scharf begrenzt darstellen. Insbesondere kann es sich bei der markanten Körperstruktur um das Zwerchfell bzw. einen Ausschnitt hiervon handeln.

20

25

b) Eine Datenverarbeitungseinrichtung, welche mit dem Röntgengerät (falls vorhanden) und dem Ultraschallgerät (falls vorhanden) gekoppelt und dazu eingerichtet ist, die Position der markanten Körperstruktur in einer mit dem Röntgengerät bzw. dem Ultraschallgerät erzeugten Abbildung quantitativ zu ermitteln und sodann aus dieser Position einen Bewegungsparameter zu erzeugen, welcher die Bewegung mindestens eines inneren Organs des Körpers beschreibt. Im einfachsten Falle entspricht der Bewegungsparameter der gemessenen Position der markanten Struktur.

30

Mit einer derartigen Vorrichtung lässt sich somit ein Bewegungsparameter gewinnen, welcher für die Korrelation zeitlich versetzter Aufnahmen von Körperorganen und/oder für die Lokalisierung eines Katheters relativ zu einem Körperorgan verwendet werden kann. Von besonderem Vorteil ist in diesem Zusammenhang, dass für die Gewinnung des Parameters ein Röntgengerät bzw. ein Ultraschallgerät verwendet wird, welches zur Standard-

5 ausrüstung vieler Untersuchungslabors gehört.

Wenn die Vorrichtung ein Röntgengerät enthält, kann sie insbesondere dazu eingerichtet sein, die Abbildung der markanten Körperstruktur mit minimaler Größe des Bestrahlungsfeldes und/oder mit minimaler Strahlendosis auszuführen. Auf diese Weise wird sicher-

10 gestellt, dass die Strahlenbelastung für den Patienten bei der Erzeugung der Abbildung auf ein Minimum begrenzt wird. Das Röntgengerät kann automatisch verstellbare Kollimatoren enthalten, um die Fläche des Bestrahlungsfeldes auf ein Minimum zu begrenzen und so zu legen, dass die markante Körperstruktur gut abgedeckt wird.

15

Wenn die Vorrichtung ein Ultraschallgerät enthält, ist dieses vorzugsweise dazu eingerichtet, mindestens eine die markante Körperstruktur enthaltende Schnittabbildung zu erzeugen. Vorzugsweise ist das Ultraschallgerät so ausgebildet, dass es ein bis vier unterschiedliche Schnittabbildungen von der markanten Körperstruktur erzeugen kann. Dabei

20 können die einzelnen Schnittabbildungen insbesondere senkrecht zueinander stehen, um die Körperstruktur in verschiedenen Raumdimensionen im Schnitt darzustellen.

Wenn die Vorrichtung ein Ultraschallgerät enthält, kann sie weiterhin Mittel zur Fixierung des Ultraschallgerätes am Körper eines Patienten und eine mit der Datenverarbeitungseinrichtung gekoppelte Lokalisierungseinrichtung zur Bestimmung der räumlichen Lage (Position und Ausrichtung) des Ultraschallgerätes aufweisen. Bei dieser Ausführungsform der Vorrichtung kann das Ultraschallgerät am Körper eines Patienten fixiert werden, so dass es an dessen Gesamtbewegung teilnimmt. Die vom Ultraschallgerät erzeugten Abbildungen innerer Organe bzw. einer markanten Struktur repräsentieren daher nur noch

25 "innere" Eigenbewegungen der Körperorgane, die zum Beispiel durch Atmung und Herzschlag verursacht werden. Die Gesamtbewegung des Patienten wird in diesem Falle separat durch die Lokalisierungseinrichtung erfassbar.

30

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Vorrichtung ist diese dazu eingerichtet, Abbildungen von wechselnden markanten Körperstrukturen zu erzeugen. Das Röntgen-
gerät oder das Ultraschallgerät wird dabei so angesteuert, dass von Zeit zu Zeit (zum
Beispiel nach Erzeugung einer bestimmten Anzahl von Abbildungen einer ersten mar-
5 kanten Körperstruktur) das Beobachtungsfenster auf eine andere markante Körperstruktur
gelegt wird. Eine solche Veränderung der Abbildungsfenster ist insbesondere bei Verwen-
dung eines Röntgengerätes vorteilhaft, da sie eine übermäßige Strahlenbelastung einer
bestimmten Körperregion verhindert. Bei den wechselnden markanten Körperstrukturen
kann es sich insbesondere um verschiedene Ausschnitte des Zwerchfells handeln.

10

Des Weiteren ist die Datenverarbeitungseinrichtung vorzugsweise dazu eingerichtet, ein
Qualitätsmaß für den von ihr erzeugten Bewegungsparameter zu berechnen. Das Qualitäts-
maß bringt zum Ausdruck, wie sicher bzw. wie genau der Bewegungsparameter bestimmt
werden konnte, und kann dem Anwender z.B. als Zahl oder Grafik angezeigt werden. Das
15 Qualitätsmaß kann auch bei einer automatischen Auswertung des Bewegungsparameters
berücksichtigt werden, indem zum Beispiel Bewegungsparameter mit hoher Qualität ein
größeres Gewicht bekommen als solche geringer Qualität.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung der Vorrichtung ist die Datenverarbeitungsein-
20 richtung dazu eingerichtet, mit Hilfe eines Modells die Lage von interessierenden inneren
Organen des Körpers zu berechnen, wobei das Modell den ermittelten Bewegungspara-
meter als eine Eingangsgröße erhält. Bei Eigenbewegungen des Körpers wie insbesondere
der Atmung lässt sich die relative Lage der Körperorgane verhältnismäßig gut durch ein
Modell beschreiben, wobei einzelne Parameter des Modells vorzugsweise an einen
25 Patienten individuell anpassbar sind und der veränderliche Zustand des Modells durch
einen Bewegungsparameter als Variable erfasst wird. Auf diese Weise kann eine an einer
bestimmten Körperstelle (z.B. dem Zwerchfell) erfolgende Beobachtung dazu verwendet
werden, auf die relative Lage entfernterer Körperorgane (z.B. des Herzens)
rückzuschließen.

30

Die Erfindung betrifft ferner ein Navigationssystem zur Steuerung eines Katheters in
einem Gefäßsystem, wobei der Begriff "Katheter" in diesem Zusammenhang allgemein zu

verstehen ist und jedes Instrument umfasst, welches durch das Gefäßsystem eines Körpers bewegt werden soll. Das Navigationssystem enthält die folgenden Komponenten:

- 5 a) Eine Lokalisierungseinrichtung zur Bestimmung der räumlichen Lage (Position und vorzugsweise auch Orientierung) des Katheters. Die Lokalisierungseinrichtung kann zum Beispiel einen am Katheter angebrachten Magnetfeldsensor umfassen, welcher ein dem Raum durch einen Feldgenerator aufgeprägtes Magnetfeld zur Positionsermittlung verwendet.
- 10 b) Eine Vorrichtung der oben erläuterten Art zur Ermittlung eines Bewegungsparameters. Das heißt, dass die Vorrichtung ein Röntgengerät und/oder ein Ultraschallgerät enthält, mit welchem eine Abbildung einer markanten Körperstruktur erzeugt werden kann, wobei eine Datenverarbeitungseinrichtung die Position der markanten Körperstruktur in der Abbildung ermittelt und hieraus einen die
15 Bewegung von inneren Organen beschreibenden Bewegungsparameter erzeugt.
- c) Eine mit der Lokalisierungseinrichtung und der Vorrichtung gemäß Merkmal b) gekoppelte Datenverarbeitungseinrichtung, welche dazu eingerichtet ist, die Lage des Katheters relativ zum Gefäßsystem zu bestimmen. Diese Datenverarbeitungseinrichtung und diejenige der Vorrichtung gemäß b) können dabei durch dieselbe
20 Hardware realisiert sein.

Mit dem Navigationssystem wird die Aufgabe gelöst, die Position eines im Körper eines Patienten bewegten Katheters möglichst genau relativ zum Gefäßsystem bzw. zu einem
25 interessierenden Organen zu messen. Dabei ist messtechnisch lediglich der Einsatz einer Lokalisierungseinrichtung zur Ermittlung der absoluten räumlichen Position des Katheters sowie eines Röntgengerätes oder eines Ultraschallgerätes erforderlich. Derartige Geräte sind, ebenso wie eine Datenverarbeitungseinrichtung zur Steuerung der Bildaufnahme und zur Bildverarbeitung, standardmäßig in fast jedem Katheterlabor vorhanden oder auf
30 einfache Art beizustellen. Die Herstellung des beschriebenen Navigationssystems erfordert daher im Wesentlichen nur die entsprechende Verknüpfung der vorhandenen Komponenten sowie eine Programmierung der Datenverarbeitungseinrichtung, so dass sie die gewünschten Schritte ausführt.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Erfassung der Bewegung von inneren Organen des Körpers, insbesondere des Herzens. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

5

- a) Die Erzeugung einer Abbildung mindestens einer markanten Körperstruktur mit Hilfe von Röntgenstrahlung und/oder Ultraschallstrahlung.
- b) Die Ermittlung der Position der vorstehend genannten markanten Körperstruktur in der Abbildung und die Erzeugung eines Bewegungsparameters, welcher die Bewegung des interessierenden Körperorgans beschreibt.

10

Das Verfahren beinhaltet somit in allgemeiner Form die von der oben beschriebenen Vorrichtung ausführbaren Schritte. Für Einzelheiten hinsichtlich der Ausgestaltung, Vorteile und Weiterbildungen des Verfahrens sei daher auf die obigen Erläuterungen verwiesen.

15

Im Folgenden wird die Erfindung mit Hilfe der Figuren beispielhaft erläutert, wobei gleiche Bezugszeichen in allen Figuren für gleiche Komponenten stehen. Es zeigt:

20

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erfassung einer Organbewegung mit Hilfe eines Röntgengerätes;

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erfassung einer Organbewegung mit Hilfe eines Ultraschallgerätes;

25

Fig. 3 eine Aufsicht auf den Brustkorb eines Patienten mit einer Darstellung eines das Zwerchfell erfassenden Röntgenfensters;

Fig. 4 eine aus der Aufnahmesituation von Figur 3 gewonnene eindimensionale Röntgenabbildung zur Lokalisierung der Zwerchfellposition.

30

In Figur 1 ist in einer Seitenansicht schematisch ein Aufbau dargestellt, mit welchem die Bewegung eines inneren Organs eines Patienten 4 erfasst werden kann. Der Patient 4 befindet sich dabei auf einer Liege zwischen einer Röntgenstrahlenquelle 1 und einem zugehörigen Röntgendetektor 5. Die Röntgenstrahlenquelle 1 und der Röntgendetektor 5 sind typischerweise an einem C-Arm (nicht dargestellt) angebracht und zur Ansteuerung und zum Auslesen der Aufnahmen mit einer Datenverarbeitungseinrichtung 6 (Computer) verbunden. Die Datenverarbeitungseinrichtung 6 ist mit einem Monitor 7 gekoppelt, auf welchem die mit dem Röntgengerät erzeugte Aufnahme angezeigt werden kann. Das Röntgengerät weist weiterhin durch Motoren (nicht dargestellt) einstellbare Kollimatoren 2 auf, durch deren Positionierung die von der Röntgenstrahlenquelle 1 erzeugten Röntgenstrahlen X auf ein gewünschtes Bestrahlungsfenster 3 begrenzt werden können.

Figur 3 zeigt diesbezüglich eine Aufsicht auf den Brustkorb des Patienten 4, wobei die Lagen des Zwerchfells 10 und des Herzens 9 schematisch angedeutet sind. Das in diesem Beispiel rechtwinklige Bestrahlungsfenster 3 deckt ein Teilstück des Zwerchfells 10 etwa mittig ab. Es erstreckt sich mit einer langen Seite in der vom Fuß zum Kopf des Patienten 4 weisenden x-Richtung, wobei die hierzu senkrechte kurze Seite eine Breite von N Pixeln hat. Selbstverständlich könnte das Bestrahlungsfenster auch jede andere geeignete Form anstelle des Rechtecks haben.

Die beschriebene Anordnung kann als ein Atmungssensor verwendet werden, welcher die Bewegung von inneren Organen des Patienten 4 wie beispielsweise der Leber oder des Herzens 9 aufgrund der Atmung in Echtzeit erfassbar macht. Eine Bestimmung der aktuellen Atemphase und ihrer Intensität ist für verschiedene medizinische Anwendungen erforderlich. Ein wichtiges Beispiel hierfür ist die Navigation eines Katheters während koronarer Eingriffe unter Verwendung statischer Gefäßkarten. Dabei muss die mit Hilfe einer z.B. magnetischen Lokalisierungseinrichtung gemessene absolute Katheterposition in Bezug auf durch den Herzschlag und die Atmung verursachte Eigenbewegungen des Körpers kompensiert werden. Wie experimentelle Untersuchungen gezeigt haben, besteht eine enge anatomische Korrelation zwischen der Position des Zwerchfells 10 und der Lage, Bewegung und Form von angrenzenden Organen wie beispielsweise der Leber oder des Herzens 9. Diese Korrelation kann in einem Modell erfasst werden, welches als Eingangs-

variable die Position des Zwerchfells 10 besitzt. Mit anderen Worten kann mit Hilfe eines geeigneten Modells unter Kenntnis der Zwerchfellposition die durch Atmung verursachte Bewegung von Organen des Körpers kompensiert werden.

- 5 Bei dem in Figur 1 dargestellten System erfolgt die Bestimmung der Position des Zwerchfells 10 durch die Aufnahme einer Röntgenabbildung in dem kleinen Bestrahlungsfenster 3, welches durch Einstellung der Kollimatoren 2 gerade so positioniert ist, dass es den Rand des Zwerchfells 10 an einer bestimmten sagittalen Position erfasst. Durch die kleine Fläche des Bestrahlungsbereiches 3 ist die Strahlenbelastung für den Patienten 4
- 10 entsprechend gering. Eine zusätzliche Dosisreduktion kann durch eine Reduzierung der Strahlenintensität erreicht werden. Hierdurch vermindert sich zwar der Röntgenkontrast der erzeugten Röntgenabbildung, für eine einfache Detektion der Position des Zwerchfells ist jedoch auch ein geringer Kontrast ausreichend, solange die Differenz zwischen den Signalen aus Bildzonen innerhalb und außerhalb des Zwerchfells oberhalb des Rausch-
- 15 pegels liegt. Die geringe Fläche des Bestrahlungsbereiches 3 führt im Übrigen dazu, dass weniger Streustrahlung als bei Aufnahmen üblicher Feldgrößen entsteht. Diese Verminderung der störenden Streustrahlung kann zu einer weiteren Dosisreduktion bei gleichbleibender Abbildungsgenauigkeit ausgenutzt werden. Schließlich kann die Strahlenbelastung für den Patienten 4 auch dadurch verringert werden, dass die Lage des Bestrahlungsfenster 3 nach jeder Aufnahme oder nach einer bestimmten Anzahl von Aufnahmen
- 20 verändert wird, so dass nicht immer dasselbe Körpervolumen der Röntgenstrahlung ausgesetzt ist.

- Im Folgenden soll unter Bezugnahme auf Figur 4 ein optionales Verfahren zur Bestimmung der Position des Zwerchfells 10 beschrieben werden. Die in Querrichtung nebeneinander liegenden N Bildpunkte einer Röntgenaufnahme des Bestrahlungsfensters 3 werden in einem ersten Schritt des Verfahrens zu einem mittleren Grauwert zusammengefasst (sog. Binning). Daraufhin verbleibt ein eindimensionaler Verlauf der so gemittelten Grauwerte G in x-Richtung, welcher durch die Kurve 20 von Figur 4 repräsentiert wird.
- 25 Das Binning führt in diesem Zusammenhang zu einer Reduktion des Rauschpegels mit einem Reduktionsfaktor von $N^{0.5}$. An den Grauwertverlauf 20 kann unter Verwendung eines Kurvenfitting-Algorithmus eine Kurve 21 mit zwei unterschiedlichen Niveaus
- 30

angepasst werden. Die Stufenposition x_z dieser Kurve 21 sowie die Breite B der Übergangszone zwischen dem niedrigen Niveau der Grauwerte G und dem hohen Niveau der Grauwerte G in der ursprünglichen Kurve 20 können dann zur quantitativen Beschreibung der aktuellen Position x_z des Zwerchfells 10 verwendet werden. Des Weiteren kann
5 die Höhe H der Grauwertstufe zusammen mit dem Rauschpegel zur Ableitung eines Qualitätsmaßes für die bestimmte Zwerchfellposition x_z verwendet werden.

Die prinzipiell mit dem System erzielbare Genauigkeit ist nur durch die räumliche Auflösung des Röntgengerätes begrenzt, welche in der Regel ausreichend hoch ist. Im Gegen-
10 satz zu herkömmlichen Atmungssensoren wie beispielsweise einem Marker auf dem Brustbein, einem Brustgürtel oder dergleichen ist das beschriebene Verfahren einfacher anzuwenden und weniger fehleranfällig. Ferner wird mit dem Verfahren nicht versucht, eine Atemphase zu bestimmen (so dass zusätzliche Informationen zur Ermittlung der Bewegung und Deformation eines interessierenden Organs erforderlich sind), sondern es wird viel-
15 mehr direkt die Auswirkung der Atmung in Bezug auf eine Bewegung des Zwerchfells ermittelt, welche wiederum in enger Beziehung zur Bewegung des interessierenden Organs (Herz, Leber etc.) steht. Insbesondere ist daher auch keine Zusatzinformation über die Art der Atmung (Brustatmung, Bauchatmung) erforderlich, da die Lage des Zwerchfells unmittelbar die Verschiebung der angrenzenden Organe widerspiegelt.
20

Figur 2 zeigt ein alternatives System zur Bestimmung der Position des Zwerchfells. Gleiche Bezugszeichen wie bei Figur 1 stehen dabei für gleiche Komponenten, so dass diesbezüglich auf die obigen Ausführungen verwiesen werden kann. Im Unterschied zu Figur 1 enthält das System von Figur 2 ein Ultraschallgerät 8, welches mit der Datenverarbeitungseinrichtung 6 gekoppelt ist. Das Ultraschallgerät 8 erzeugt Ultraschallaufnahmen des
25 Zwerchfells, von denen eine schematisch auf dem Monitor 7 abgebildet ist. Die quantitative Bestimmung der Zwerchfellposition aus der Ultraschallaufnahme kann ähnlich wie oben in Bezug auf die Figuren 3 und 4 für die Röntgenaufnahme beschrieben erfolgen. Durch die Bestimmung der Zwerchfellposition mittels Ultraschalls wird eine Röntgen-
30 belastung des Patienten 4 gänzlich vermieden.

Die Verwendung des Ultraschallgerätes 8 eignet sich darüber hinaus auch für eine Kombination mit Verfahren, die die Gesamtposition des Körpers des Patienten 4 verfolgen. Solche Verfahren können beispielsweise die aus Reflexionen von geeigneten Körperzonen des Patienten entstehenden Ultraschallsignale analysieren. Alternativ kann ein Ultraschall-
5 gerät auch (zum Beispiel durch einen Gürtel) am Körper des Patienten 4 fixiert werden, wobei das Ultraschallgerät dann mit Hilfe eines zusätzlichen Bewegungssensors bzw. einer Lokalisierungseinrichtung verfolgt wird.

Des Weiteren kann das Verfahren unter Verwendung von 4D-Ultraschallaufnahmen (d.h. einer zeitlichen Folge von 3D Ultraschalldaten) so erweitert werden, dass es eine schnelle Herleitung eines patientenspezifischen Bewegungsmodells der Atmung erlaubt. Das Abbildungsvolumen der hierbei zugrunde liegenden 3D Daten kann insbesondere derart sein, dass sowohl das Organ, auf welches eine Bewegungskompensation angewandt werden soll, als auch das/der das Bewegungsmodell treibende Organ/Organteil enthalten sind. In einem
15 Vorverarbeitungsschritt kann dann der Zusammenhang zwischen dem das Bewegungsmodell treibenden Organ/Organteil und dem eigentlichen Organ analysiert, d.h. das patientenspezifische Modell abgeleitet werden. Während der Intervention kann dann die Messung des "treibenden" Organs/Organteils mittels konventionellem Ultraschall (Sequenz von 2D-Schnittbildern) oder Röntgen-Bildgebung mit Kollimator (Sequenz von
20 2D Projektionsbildern) wie bereits beschrieben ausreichen, um eine Bewegungskompensation durchzuführen.

Das Ultraschallgerät 8 kann ferner auch Schnittbilder eines interessierenden Organs wie insbesondere des Herzens erzeugen, aus denen sich unmittelbar der Bewegungszustand
25 bzw. die Lage und Form des Organs bestimmen lässt und/oder aus dem Eingabeparameter für ein Modell abgeleitet werden können. Vorzugsweise werden in diesem Zusammenhang ein bis vier Ultraschallsonden eingesetzt, die derart relativ zueinander orientierte Schnittbilder erzeugen, dass eine hinreichend genaue Positionsbestimmung des interessierenden Organs möglich ist. Insbesondere können drei der Schnittebenen zueinander senkrecht
30 stehen. Die aus den Ultraschallbildern ableitbare Information über den durch Herzschlag, Atmung und/oder Patientenbewegung erzeugten Bewegungszustand des Herzens kann in Verbindung mit unterschiedlichen Abbildungsmodalitäten, wie beispielsweise 3D-RCA

(Rotational-Coronary-Angiography) und CT, zur geometrisch korrekten Korrelation der Position eines interventionellen Instrumentes (Katheter etc.), ermittelt unter Verwendung einer z.B. magnetischen Lokalisierungseinrichtung, und der Aufnahmen verwendet werden.

5

Neben der vorstehend genannten Korrelation von mit einer Lokalisierungseinrichtung gemessenen Positionen eines Instrumentes (beispielsweise eines Katheters) mit aufgenommenen Datensätzen, ist ein weiteres Anwendungsgebiet die gezielte Abgabe von Medikamenten bei der Behandlung einer Herzkrankheit.

10

PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Erfassung der Bewegung von inneren Organen (9) des Körpers, enthaltend
- a) ein Röntgengerät (1, 5) und/oder ein Ultraschallgerät (8) zur Erzeugung einer Abbildung mindestens einer markanten Körperstruktur (10);
 - 5 b) eine Datenverarbeitungseinrichtung (6), welche mit dem Röntgengerät (1, 5) bzw. dem Ultraschallgerät (8) gekoppelt und dazu eingerichtet ist, die Position (x_s) der markanten Körperstruktur (10) in der Abbildung zu ermitteln und hieraus einen Bewegungsparameter zu erzeugen.
- 10 2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die markante Körperstruktur ein Ausschnitt des Zwerchfells (10) ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1,
15 dadurch gekennzeichnet,
dass sie ein Röntgengerät (1, 5) enthält und dazu eingerichtet ist, die Erzeugung einer Abbildung der Körperstruktur mit minimaler Größe des Bestrahlungsfeldes (3) und/oder mit minimaler Strahlendosis auszuführen.
- 20 4. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass sie ein Ultraschallgerät (8) enthält, welches dazu eingerichtet ist, mindestens eine die markante Körperstruktur (10) enthaltende Schnittabbildung zu erzeugen.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass sie ein Ultraschallgerät (8) enthält, welches Mittel zur Fixierung am Körper eines Patienten (4) aufweist, und dass sie eine mit der Datenverarbeitungseinrichtung (6)

- 5 gekoppelte Lokalisierungseinrichtung zur Bestimmung der räumlichen Lage des Ultraschallgerätes (8) enthält.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 10 dass sie dazu eingerichtet ist, Abbildungen von wechselnden markanten Körperstrukturen zu erzeugen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 15 dass die Datenverarbeitungseinrichtung (6) dazu eingerichtet ist, ein Qualitätsmaß für den Bewegungsparameter zu berechnen.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 20 dass die Datenverarbeitungseinrichtung (6) dazu eingerichtet ist, mit Hilfe eines von dem Bewegungsparameter abhängigen Modells die Lage eines inneren Organs (9) des Körpers zu berechnen.

9. Navigationssystem für einen Katheter in einem Gefäßsystem, enthaltend

- 25 a) eine Lokalisierungseinrichtung zur Bestimmung der räumlichen Lage des Katheters;
- b) eine Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Ermittlung eines Bewegungsparameters;
- c) eine mit der Lokalisierungseinrichtung und der Vorrichtung gekoppelten Daten-
- 30 verarbeitungseinrichtung, welche dazu eingerichtet ist, die Lage des Katheters relativ zum Gefäßsystem zu bestimmen.

10. Verfahren zur Erfassung der Bewegung von inneren Organen (9) des Körpers, umfassend die Schritte

- a) Erzeugung einer Abbildung mindestens einer markanten Körperstruktur (10) mit Hilfe von Röntgenstrahlung und/oder Ultraschall;
- 5 b) Ermittlung der Position (x_t) der markanten Körperstruktur (10) in der Abbildung und Erzeugung eines Bewegungsparameters.

ZUSAMMENFASSUNG

Vorrichtung und Verfahren zur Erfassung der Bewegung von Körperorganen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erfassung der insbesondere durch Atmung verursachten Bewegung von Körperorganen wie beispielsweise des
5 Herzens (9). Dabei wird mit einem Röntgengerät oder einem Ultraschallgerät ein Ausschnitt (3) des Zwerchfells (10) aufgenommen und die aktuelle Lage des Zwerchfells in der resultierenden Abbildung detektiert. Aus der Zwerchfelllage kann mit Hilfe eines Modells auf die zugehörige Lage anderer innerer Organe geschlossen werden. Diese Information kann wiederum dazu verwendet werden, in einem Navigationssystem für
10 einen Katheter dessen räumliche Koordinaten in Beziehung zum Gefäßsystem zu setzen.

(Figur 3)

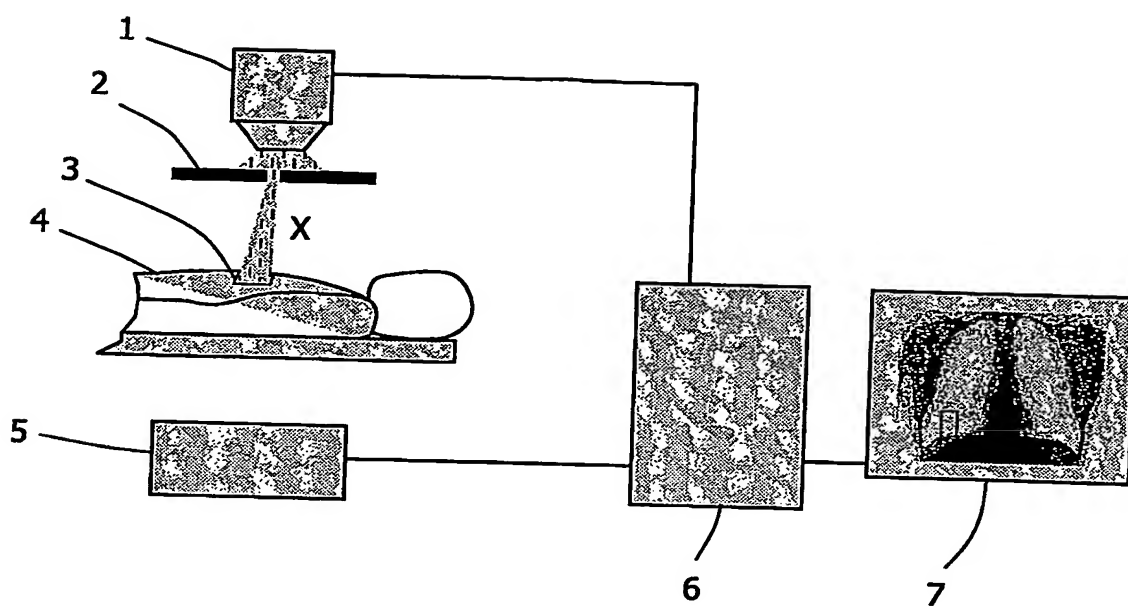


Fig. 1

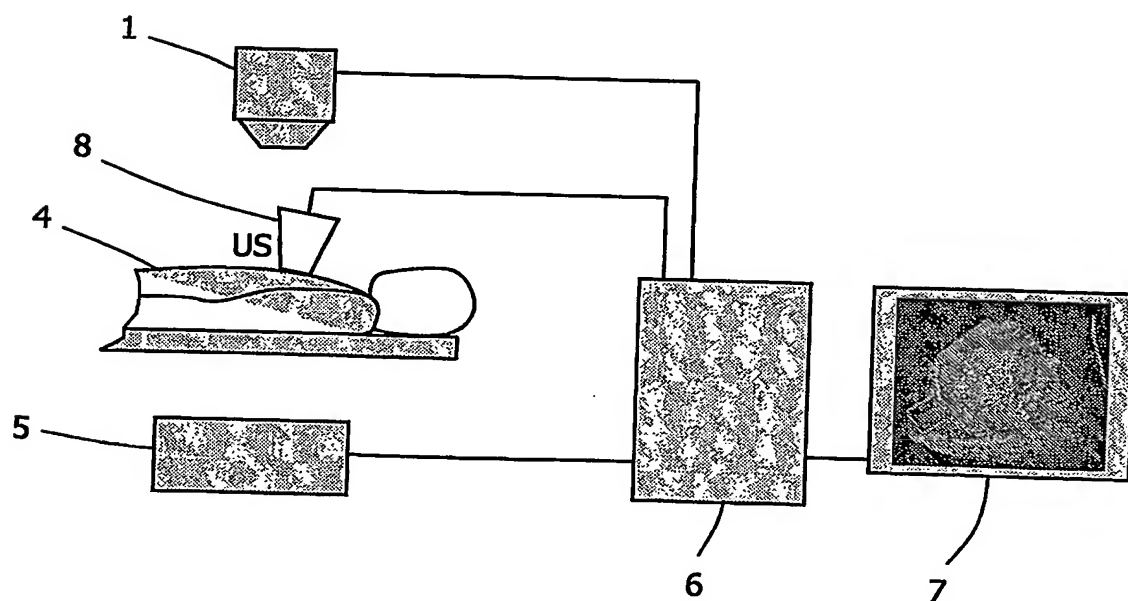


Fig. 2

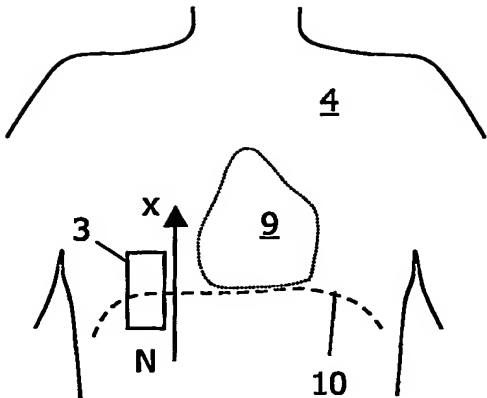


Fig. 3

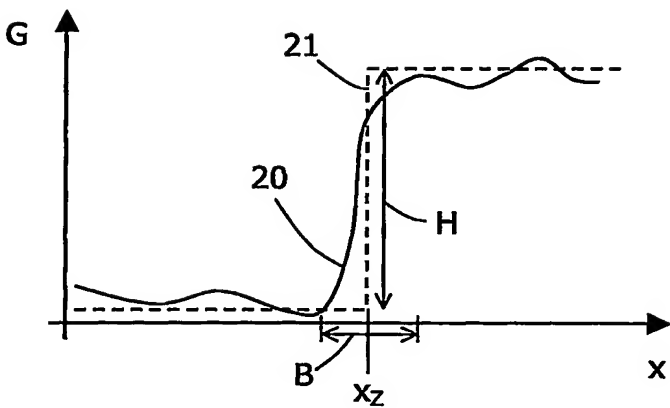


Fig. 4